

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/050353

International filing date: 27 January 2005 (27.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 10 2004 005 718.4  
Filing date: 05 February 2004 (05.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 03 March 2005 (03.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND****Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

10 2004 005 718.4

**Anmeldetag:**

05. Februar 2004

**Anmelder/Inhaber:**

Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

**Bezeichnung:**

Verfahren zur optischen Übertragung eines Polarisations-Multiplexsignals

**IPC:**

H 04 J 14/06

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. Februar 2005  
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Romus

## Beschreibung

## Verfahren zur optischen Übertragung eines Polarisations-Multiplexsignals

5

Die Erfindung betrifft ein verbessertes Verfahren zur optischen Übertragung eines Polarisations-Multiplexsignals.

10

Die Übertragung von Daten im Polarisationsmultiplexbetrieb, bei dem zwei optische Datensignale dieselbe Wellenlänge bei orthogonaler Polarisation aufweisen, ist eine viel versprechende Methode, um die Übertragungskapazität zu verdoppeln, ohne höhere Anforderungen an die Übertragungsstrecke oder den Signal-Rausch-Abstand zu stellen zu müssen.

15

20

Ein Nachteil des Polarisations-Multiplexverfahrens ist jedoch die Empfindlichkeit gegenüber Polarisationsmodendispersion (PMD), die zu einer gegenseitigen Störung der Übertragungskanäle führt. Der PMD-Einfluss kann durch PMD-Kompensationsmaßnahmen verringert werden. Die Kompensation ist aber für jeden Kanal eines Wellenlängenmultiplexsystems erforderlich; sie ist zudem aufwendig und liefert nicht immer die gewünschten Ergebnisse. Die Verwendung von PMD-optimierten Fasern, die jedoch nur bei neuen Netzen möglich ist, bewirkt ebenfalls eine Verbesserung.

30

Es wird daher nach neuen Möglichkeiten gesucht, bei der Übertragung eines Polmux-Signals die PMD-Störanfälligkeit und damit die gegenseitigen Störungen der optischen Datensignale zu verringern.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst.

35

Vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens sind in den Unteransprüchen angegeben.

Das Verfahren ist einfach zu realisieren. Die vom selben Laser abgeleiteten Trägersignale beider optischen Datensignale (Polmux-Kanäle) werden in ihrer Phase um konstant  $90^\circ$  gegeneinander verschoben. Beide Trägersignale weisen daher natürlich auch exakt die gleiche Frequenz auf und ihre Phasendifferenz bleibt während der Übertragung konstant. Die senderseitige Phaseneinstellung kann durch unterschiedliche Elemente wie Phasenmodulatoren und Laufzeitglieder erfolgen.

- 5
- 10 Vorteilhaft ist auch der Einsatz einer Phasenregelung, die unabhängig von den Umweltbedingungen und Bauelementetoleranzen für eine konstante Phasendifferenz zwischen den Trägersignalen sorgt.
- 15 Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen näher beschrieben.

Es zeigen

- Figur 1 ein Prinzipschaltbild der Sendeanordnung,  
 20 Figur 2 ein Prinzipschaltbild mit Phasenregelung,  
 Figur 3 ein Anordnung zur Messung der Phasendifferenz,  
 Figur 4 eine weitere Anordnung zur Phasendifferenzmessung und  
 Figur 5 eine Anordnung zur Phasendifferenzmessung durch  
 Bewertung von orthogonalen Signalkomponenten.

- Figur 1** zeigt ein Prinzipschaltbild der Sendeanordnung. Das Verfahren kann durch beliebig abgewandelte Anordnungen realisiert werden. Ein üblicherweise von einem Laser erzeugtes Lichtsignal CW (Constant Wave) wird über einen Eingang 1 einem Polarisations-Splitter 2 zugeführt, der es in zwei orthogonale Trägersignale  $CW_x$  und  $CW_y$  gleicher Amplitude aufteilt, die aber um  $90^\circ$  unterschiedliche Polarisations Ebenen aufweisen (die Pfeile deuten die jeweilige Polarisation an). Das erste orthogonale Trägersignal  $CW_x$  wird über eine erste optische Faser 3 einem ersten Modulator 5 zugeführt, wo es mit einem ersten Datensignal DS1 intensitätsmoduliert wird. Das zweite orthogonale Trägersignal  $CW_y$  wird über eine zweite Fa-
- 30
- 35

ser 4 und einen Phasenschieber 6 einem zweiten Modulator 7  
 zugeführt und dort mit einem zweiten Datensignal DS2 intensi-  
 tätsmoduliert wird. Die an den Ausgängen der Modulatoren ab-  
 gegebenen optischen Datensignale OS1 und OS2, die zueinander  
 5 orthogonal polarisiert sind und eine Phasenverschiebung ihrer  
 Trägersignale um  $90^\circ$  aufweisen, werden in einem Polarisati-  
 ons-Combiner 8 zu einem Polarisationsmultiplexsignal (Polmux-  
 Signal) PMS zusammengefasst und am Ausgang 9 abgegeben. So-  
 wohl die Phasenverschiebung zwischen den Trägersignalen als  
 10 auch die Einstellung der Polarisation kann ebenso nach den  
 Modulatoren erfolgen.

**Figur 2** zeigt eine solche Variante, bei der das Trägersignal  
 CW zunächst in einem Leistungs-Splitter 13 in zwei gleiche  
 15 Anteile CW1 und CW2 aufgeteilt wird, die als Trägersignale  
 jeweils mit einem der Datensignale DS1 bzw. DS2 moduliert  
 werden. Die Umsetzung in orthogonale optische Datensignale  
 OS1 und OS2 wird durch zwei Polarisationssteller 14 und 15  
 erzielt, die vor dem Polarisations-Combiner 8 angeordnet sind  
 20 und dann natürlich auch die Trägersignale CW1 und CW2 in die  
 orthogonalen Trägersignale  $CW_x$  und  $CW_y$  umsetzen.

Die Phasenverschiebung zwischen den Trägersignalen CW1 und  
 CW2 wird durch einen geregelten Phasenschieber 10 (Phasenmo-  
 dulator, Laufzeitglied) hergestellt, der von einer Regelein-  
 richtung 11 gesteuert wird. Die Regeleinrichtung 11 erhält  
 über einen Mess-Splitter 12 ein dem Polmux-Signal PMS ent-  
 sprechendes Mess-Signal MS geringerer Leistung und überwacht  
 die Phasenverschiebung zwischen den Trägern der orthogonalen  
 30 Datensignale OS1 und OS2. Die Zeitkonstante der Regeleinrich-  
 tung wird sehr groß gewählt, so dass der geregelte Phasen-  
 schieber 10 praktisch einen konstanten Wert aufweist. Der  
 Phasenschieber 10 kann ebenso dem Polarisationssteller 15  
 nachgeschaltet sein. Die Phasenverschiebung der Trägersignale  
 35 kann also durch Einstellen der Trägersignale  $CW_x$  und  $CW_y$  oder  
 CW1 und CWs oder der orthogonalen Datensignale OS1 und OS2  
 erfolgen.

Ein Regelkriterium für die Trägerphasen erhält man ohne großen Aufwand immer dann, wenn beide Polmux-Kanäle gleichzeitig ein Signal übertragen, beispielsweise wenn beide Signale einer logischen Eins entsprechen.

**Figur 3** zeigt ein Prinzipschaltbild der Regeleinrichtung zur Gewinnung eines Regelkriteriums. Das Messprinzip beruht darauf, dass der "State of Polarisation" (Polarisationszustand) von der Phase zwischen beiden polarisierten Signalen OS1 und OS2 abhängt und somit durch Messung des Polarisationszustandes wiederum die Phasendifferenz ermittelt werden kann. Es ist nur die Messung der zirkularen Polarisationskomponente erforderlich. Zu deren Messung wird das Meßsignal MS, das wie das Polmux-Signal eine bestimmte Polarisation aufweist, in zwei Teilsignale aufgespaltet, von denen eines über eine  $\lambda/4$  Platte und einen  $45^\circ$ -Polarisierer (Polarisationsfilter) geleitet wird. Bei exakt  $90^\circ$  Phasenverschiebung der Trägersignale zueinander sind die Amplituden beider Teilsignale OA und OB gleich groß. Die optischen Teilsignale OA und OB werden durch Fotodioden 18 und 19 in elektrische Teilsignale EA und EB umgesetzt und einer Steuerung 20 zugeführt, die den Amplitudenunterschied misst und die Phasendifferenz der Trägersignale entsprechend einstellt.

**Figur 4** zeigt eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung der Phasendifferenz durch den Einsatz eines sogenannten DGD-Elementes (Differentielles Gruppenlaufzeit-Element), beispielsweise einer polarisationserhaltenden Faser oder eines doppelbrechenden Kristalls, das die  $90^\circ$ -Phasenverschiebung der Trägersignale rückgängig macht, so dass deren Überlagerung beim Ausgangssignals RTS ein Maximum (oder bei entgegengesetzter Phasenverschiebung ein Minimum) an Leistung ergibt. Die Polarisations Ebenen der orthogonalen Signale OS1 und OS2 sollten um  $45^\circ$  gegenüber den Hauptachsen des DGD-Elementes liegen. Nach Umwandlung des optischen Überlagerungssignals OTS in ein elektrisches Überlagerungssignal ETS in einer Pho-

todiode 22, wird die effektive Leistung in einer Regeleinrichtung 23 ermittelt und auf ein Maximum (oder Minimum) geregelt.

- 5 **Figur 5** zeigt eine weitere Anordnung, mit der es möglich ist, die Phase zu regeln. Voraussetzung ist wieder, dass das Polmux-Signal PMS bzw. das entsprechende Mess-Signal MS eine bestimmte Polarisationen aufweist, wie dies aber ohnehin beim Sender der Fall ist. Das Polmux-Signal bzw. Meßsignal weist
- 10 hier zwei (zumindest nahezu) orthogonale Signale OS1 und OS2 auf, die mit  $+45^\circ$  und  $-45^\circ$  gegenüber einer Polarisationssebene des Polarisations-Splitter 24 polarisiert ist. Das Meßsignal MS, das beide orthogonalen Signale OS1 und OS2 repräsentiert, wird durch den Polarisations-Splitter 24 in zwei polarisierte
- 15 Signalanteile  $OS_x$  und  $OS_y$  zerlegt, die somit jeweils Signalanteile beider orthogonalen Signale OS1 und OS2 enthalten. Die Signalanteile  $MS_x$  und  $MS_y$  werden separat in Photodioden 18 und 19 in elektrische Signalanteile  $E_x$  und  $E_y$  umgesetzt. Nur bei einer bestimmten Phase zwischen den orthogonalen Sig-
- 20 nalen OS1 und OS2 werden beide Signalanteile  $MS_x$  und  $MS_y$  gleich groß sein. Ein entsprechendes Kriterium EA - EB kann zur Regelung verwendet werden. Die Empfindlichkeit der Regelung kann durch spezielle Signalverarbeitung in der Regeleinrichtung 25, beispielsweise durch Multiplikation der Signalanteile, erhöht werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur optischen Übertragung eines Polarisations-Multiplexsignals (PMS), das zwei orthogonale Datensignale (OS1, OS2) aufweist, deren Trägersignale (CW1, CW2; CW<sub>x</sub>, CW<sub>y</sub>) die selbe Wellenlänge aufweisen und durch Datensignale (DS1, DS2) moduliert werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägersignale (CW1, CW2; CW<sub>x</sub>, CW<sub>y</sub>) um 90° gegeneinander phasenverschoben werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasendifferenz zwischen den Trägersignalen (CW1, CW2; CW<sub>x</sub>, CW<sub>y</sub>) geregelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Gewinnung eines Kriteriums zur Phasenregelung die zirkuläre Polarisationskomponente des Polarisations-Multiplexsignals (PMS) gemessen und hieraus ein Regelsignal (RS) wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein vom Polarisations-Multiplexsignals (PMS) abgezwertes Mess-Signal (MS) in zwei gleiche Signalanteile aufgeteilt wird, von denen der eine direkt in ein erstes elektrisches Teilsignal (EA) umgesetzt wird und der andere zunächst über eine auf die Wellenlänge der Trägersignale (CW1, CW2; CW<sub>x</sub>, CW<sub>y</sub>) abgestimmte  $\lambda/4$ -Platte (16) und ein Polarisationsfilter (17) geführt wird und dann in ein zweites elektrisches Teilsignal (EB) umgesetzt wird, dass beide Signalanteile miteinander verglichen werden und hieraus das Regelsignal (RS) gewonnen wird und dass die Phase zwischen den Trägersignalen (CW1, CW2; CW<sub>x</sub>, CW<sub>y</sub>) derart verändert wird, dass die elektrischen Teilsignale



(EA,EB) gleiche Werte aufweisen.

5. Verfahren nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,

5 dass zur Gewinnung eines Kriteriums zur Phasenregelung ein vom Polarisations-Multiplexsignals (PMS) abgezweigtes Mess-Signal (MS) einem auf die Wellenlänge der Trägersignale (CW1, CW2; CW<sub>x</sub>, CW<sub>y</sub>) abgestimmten DGD-Element (21) zugeführt wird, dass das Ausgangssignal des DGD-Elements (21) in ein elektrisches Signal (ETS) umgesetzt und gemessen wird und hieraus  
10 ein Regelsignal (RS) gewonnen wird und dass die Phase zwischen den Trägersignalen (CW1, CW2; CW<sub>x</sub>, CW<sub>y</sub>) derart verändert wird, dass das Ausgangssignal des DGD-Elements (21) einen Extremwert erreicht.

15

6. Verfahren nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,

dass die Polarisationsebenen der orthogonalen Datensignale (OS1, OS2) ein Winkel von  $\pm 45^\circ$  gegenüber den Hauptachsen des  
20 DGD-Elementes aufweisen.

7. Verfahren nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,

dass zur Gewinnung eines Kriteriums zur Phasenregelung ein vom Polarisations-Multiplexsignal (PMS) abgezweigtes Mess-Signal (MS) in zwei zueinander orthogonale Signalanteile (CW<sub>x</sub>, CW<sub>y</sub>) aufgeteilt wird,  
dass die orthogonalen Signalanteile (CW<sub>x</sub>, CW<sub>y</sub>) in elektrische Signalanteile (E<sub>x</sub>, E<sub>y</sub>) umgesetzt werden und  
30 dass aus den Amplituden der elektrischen Signalanteile (E<sub>x</sub>, E<sub>y</sub>) das Regelsignal (RS) gewonnen wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet,

35 dass die Polarisationssebenen der orthogonalen Signale (OS1, OS2) Signalanteile um  $\pm 45^\circ$  gegenüber einer Polarisationssebene eines Polarisations-Splitters (24) eingestellt werden und

dass die Phase zwischen den Trägersignalen ( $CW_1$ ,  $CW_2$ ;  $CW_x$ ,  $CW_y$ ) derart verändert wird, dass die Amplituden der elektrischen Signalanteile ( $E_x$ ,  $E_y$ ) gleiche Werte aufweisen.

## Zusammenfassung

5 Verfahren zur optischen Übertragung eines Polarisations-  
Multiplexsignals

10 Das Polarisations-Multiplexsignals (PMS) enthält zwei zuein-  
ander orthogonal polarisierte Datensignale (OS1, OS2).  
Deren Trägersignale (CW1, CW2; CW<sub>x</sub>, CW<sub>y</sub>) sind von der selben  
Quelle abgeleiteten und weisen deshalb die selbe Wellenlänge  
15 auf. Die Phasendifferenz zwischen den Trägersignalen (CW1,  
CW2; CW<sub>x</sub>, CW<sub>y</sub>) wird so eingestellt oder geregelt, dass sie  
90° entspricht. Durch diese Phasendifferenz der Trägersignale  
(CW1, CW2; CW<sub>x</sub>, CW<sub>y</sub>) wird die Störanfälligkeit gegenüber Po-  
larisationsmodendispersion wesentlich verringert.

Figur 1

200319019

P

112

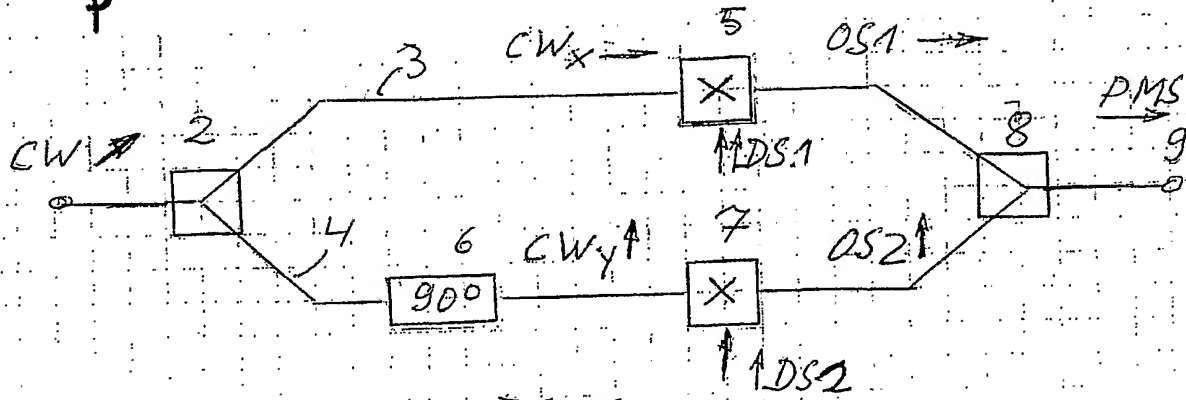


Fig 1

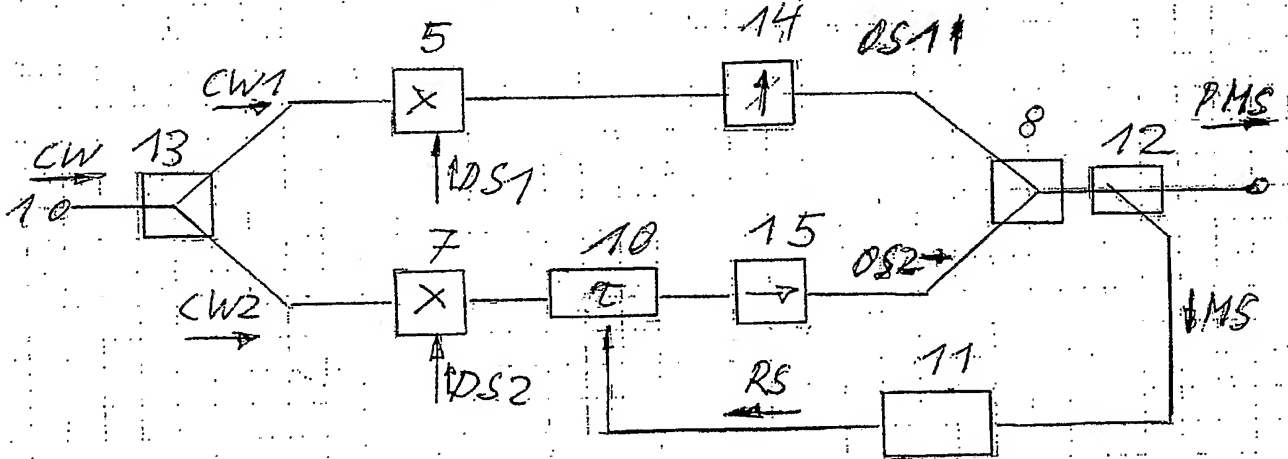


Fig 2

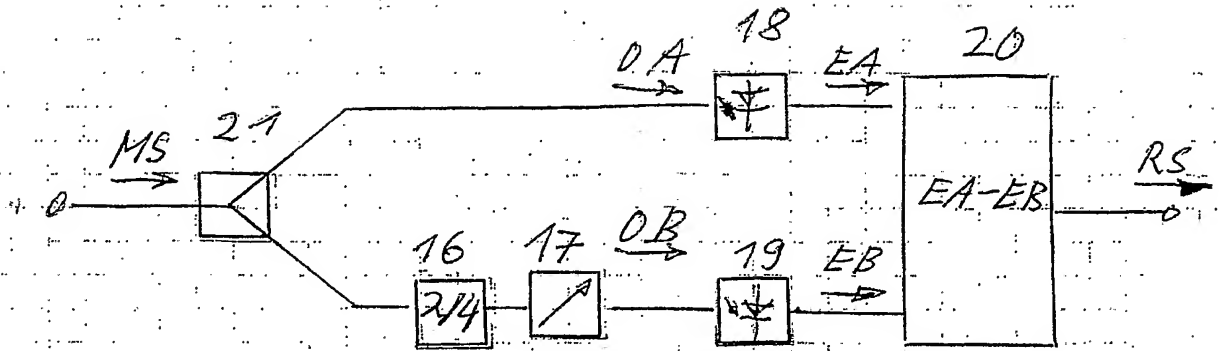


Fig 3

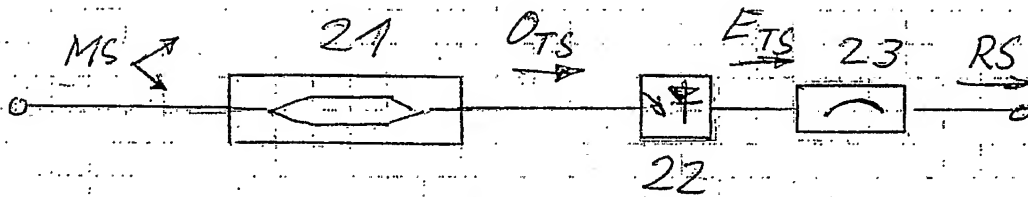


Fig 4

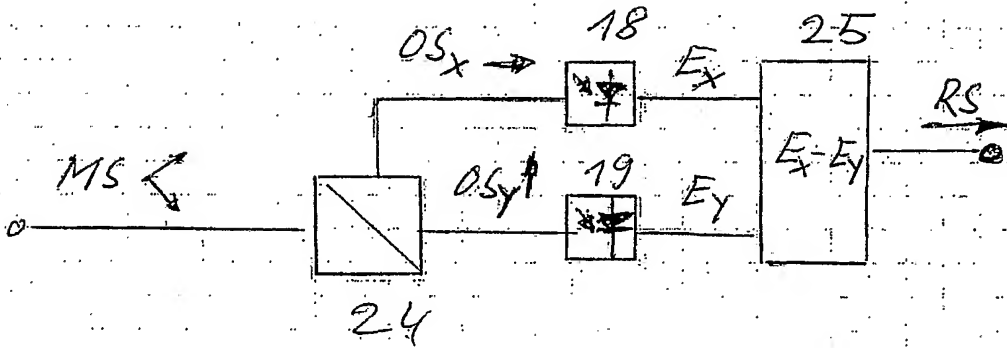


Fig 5